

## I. Temps de production :

### I - 1 Les différents temps de production

La première démarche de la TPM est d'analyser les **non-productions**, c'est à dire les pertes. Une machine doit fonctionner à sa vitesse nominale pendant le temps requis, c'est à dire le temps pendant lequel on veut qu'elle produise.

Sur le schéma 13.4, on voit apparaître essentiellement six temps.

1. **Temps d'ouverture (TO)** : c'est la période de référence choisie pour l'analyse des temps ; en règle générale, c'est le temps d'ouverture des lignes de production (1, 2 ou 3 postes), donc les horaires de travail.
2. **Temps requis (TR)** : c'est la période pendant laquelle l'utilisateur exige que l'équipement soit en état d'accomplir une fonction requise.
3. **Temps non requis** : il correspond aux pauses, changement d'équipe, arrêts planifiés (préventif programmé, etc..), nettoyage, modifications, essais, réunions.
4. **TFB ou temps de fonctionnement brut** : c'est le temps requis diminué des arrêts propres (pannes, défaillances) et induits (temps d'arrêt liés aux carences de l'organisation : changement d'outil, de série, manque de matière en amont, etc..).
5. **TMP ou temps de marche performante** : c'est le temps net de fonctionnement de la machine.
6. **TME ou temps de marche efficace** : c'est en fait le temps de production utile !

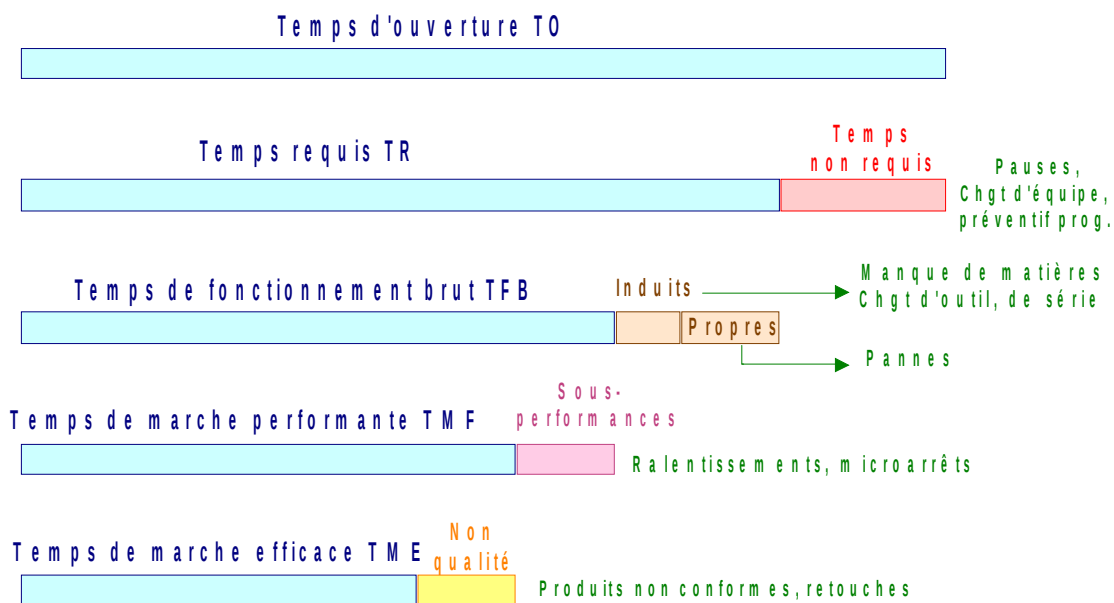


Figure 13.4 - Mesure des pertes

## I - 2 Les indicateurs

Le schéma ci-dessus montre bien les différentes composantes de pertes qui érodent la productivité de la machine. Notons au passage que chaque « perte » trouve sa cause dans un thème qui va intéresser la maintenance, comme nous le détaillerons plus loin. Si l'on en reste à un niveau de précision insuffisant, comme le suivi du taux de marche calendaire (rapport entre le TR et le TO), cet indicateur ne sera pas un reflet fidèle de la situation, loin de là. En effet, la machine a pu tourner à vide pendant le temps requis ! Pour connaître avec précision la situation et mener des actions d'amélioration, un niveau de détail supérieur est requis. La TPM propose deux indicateurs qui intègrent toutes les composantes du rendement machine :

- le TRS ou Taux de Rendement Synthétique dont l'approche est plutôt financière,
- le TRG ou Taux de Rendement Global, qui vise plus les performances de l'outil de production.

Pour arriver au TRS ou au TRG, nous allons déjà définir au préalable trois ratios.

### 1. Taux de fonctionnement brut ou disponibilité opérationnelle

$$T_{FB} = D_o = \frac{TFB}{TR}$$

### 2. Taux de performance

$$T_P = \frac{TMF}{TBF} = \frac{\text{Temps de fonctionnement brut} - \text{pertes de performances}}{\text{Temps de fonctionnement brut}}$$

On peut aussi écrire que  $T_P = T_{FN} \times R_V$  avec :

- $T_{FN} = \frac{\text{Quantité réalisée} \times \text{temps de cycle}}{\text{Temps de fonctionnement brut}}$  (taux net de fonctionnement)
- $R_V = \frac{\text{Cadence réelle}}{\text{Cadence théorique}} = \frac{\text{Temps de cycle théorique}}{\text{Temps de cycle réel}}$  (rendement vitesse)

### 3. Taux de qualité

$$T_Q = \frac{TME}{TMF} = \frac{\text{Quantité traitée} - \text{Quantité rebutée}}{\text{Quantité traitée}}$$

A partir de ces trois ratios, il est alors possible de calculer le TRG et le TRS.

## A - Taux de rendement global

Il convient bien au pilotage des chantiers TPM, puisqu'il tient compte des moyens des services production et maintenance (rendement opérationnel). On a :

$$\text{TRG} = \frac{\text{Temps de marche efficace}}{\text{Temps requis}} = \frac{TME}{TMF} \times \frac{TMF}{TF} \times \frac{TF}{TR} = T_Q \times T_P \times D_o$$

## B - Taux de rendement synthétique

C'est le seul indicateur qui tient compte de tous les paramètres qui affectent la productivité d'une ligne de production. On a :

$$\boxed{\text{TRS} = \frac{\text{TME}}{\text{TO}} = \frac{\text{TME}}{\text{TMF}} \times \frac{\text{TMF}}{\text{TF}} \times \frac{\text{TF}}{\text{TR}} \times \frac{\text{TR}}{\text{TO}} = \text{TRG} \times \frac{\text{TR}}{\text{TO}}}$$

Le TRS est donc plutôt un indicateur pour un directeur d'entreprise, parce qu'il indique le potentiel global de son usine. Il est fréquent, qu'avant une démarche TPM, le TRS initial soit seulement de 50%. Le monter à 70% représente un gain très significatif.

### I - 2 - 1 - Exemple de calcul

On s'intéresse aux indicateurs concernant une machine travaillant sur un temps d'ouverture de 8 heures. Le temps non requis machine constaté (préparation de la ligne et pause casse-croûte) est de 40 minutes. Les arrêts machine sont ventilés comme suit : changement de série = 20 minutes, panne = 20 minutes, réglages = 10 minutes.

Le temps de cycle théorique est de 120 pièces/heure mais la mesure d'un temps de cycle réel donne une cadence de 100 pièces/heure seulement. La quantité réalisée est de 600 pièces/jour, et la quantité rebutée est de 18 pièces (12 récupérables, 6 irrécupérables).

Eléments du calcul :

- Temps requis TR = 8x60 - 40 = 440 minutes
- Temps de fonctionnement brut TFB = TR - arrêts = 440 - 50 = 390 minutes
- Taux de fonctionnement brut  $T_{\text{FB}} = \frac{\text{TFB}}{\text{TR}} = \frac{390}{440} \times 100 = 88,6\%$
- Taux net de fonctionnement  $T_{\text{FN}} = \frac{\text{Quantité réalisée} \times \text{temps de cycle}}{\text{Temps de fonctionnement brut}}$   
On fabrique 100 pièces/heure, soit une pièce en 0,6 minutes, d'où  $T_{\text{FN}} = \frac{600 \times 0,6}{390} \times 100 = 92,3\%$
- Rendement vitesse  $R_v = \frac{\text{Temps de cycle théorique}}{\text{Temps de cycle réel}} = \frac{0,5}{0,6} \times 100 = 83,3\%$
- Taux de performance  $T_p = T_{\text{FN}} \times R_v = 92,3 \times 83,3 = 76,9\%$
- Taux de qualité  $T_q = \frac{\text{TME}}{\text{TMF}} = \frac{\text{Quantité traitée} - \text{Quantité rebutée}}{\text{Quantité traitée}} = \frac{600 - 18}{600} \times 100 = 97\%$

On en déduit :

- $\text{TRG} = T_q \times T_p \times T_{\text{FB}} = 88,6 \times 76,9 \times 97 = \underline{66,1\%}$
- $\text{TRS} = \text{TRG} \times \frac{\text{TR}}{\text{TO}} = 0,661 \times \frac{440}{480} \times 100 = \underline{60,6\%}$

*Remarque :* Il est fréquent, qu'avant une démarche TPM, le TRS initial soit seulement de 50%. Le monter à 70% représente un gain très significatif. On mesure tout le travail qu'il reste à faire.



## IV - METHODE SMED

### IV - 1 Définitions :

SMED : Single Minute Exchange of Die

Cette méthode est connue comme **le temps de réglage à un chiffre** : comment réaliser un réglage en moins de 10 minutes ou une réduction importante de ce temps !

Exemple : en 1967 Toyota a amélioré le temps de réglage d'une presse de 1000 Tonnes de 4 heures à 1 heure 30 minutes puis 3 minutes. Comment ? En convertissant des réglages internes en réglages externes.

Réglages Internes : monter et démonter les moules, qui ne peuvent être faits que lorsque la machine est arrêtée.

Réglages Externes : transporter les moules après usage à un lieu de stockage ou apporter les nouveaux moules vers les machines qui peuvent être faits pendant que la machine est en marche.

Exemple : préparer les boulons et les moyens de fixation avant l'arrêt pour changement.

### IV - 2 Etapes de base dans le procédé de réglage :

Les opérations de réglage traditionnelles ont la répartition suivante :

Opérations	Part du temps
Préparation, démontage, vérification de la matière, des outillages, jauges de contrôle, etc.	30%
Montage et démontage des outils	5 %
Centrage, réglage des dimensions et autres paramètres	15 %
Pièces d'essais et ajustements	50 %

- 1/. S'assurer que tout est à sa place
- 2/. Après la fin de production de la première série et montage des outils de la deuxième
- 3/. Calibrage : centrage, réglage des côtes, mesure de température et pression.
- 4/. Ajustement : après l'usinage d'une pièce d'essais. La fréquence et la longueur des séries d'essais dépendent de l'habileté du régleur.

### IV - 3 Amélioration des réglages : Etapes conceptuelles.

- a. Stade préliminaire (0) : réglages internes et externes : les états ne sont pas distingués
- b. Stade (1) : Séparation des réglages internes et externes : Maîtriser la distinction entre réglages internes et réglages externes est le passeport pour la réussite du SMED.
- c. Stade (2) : Transformation des réglages internes en réglages externes :

- Réexaminer les opérations pour trouver si les phases n'ont pas été classées internes par erreur.
  - Recherche de solutions pour convertir les phases internes en externes.
- d. Stade (3) : Rationalisation de tous les aspects de l'opération de réglage.

**Amélioration en continu** : les stades 2 et 3 peuvent être appliqués en même temps (analyses et exécutions).

#### **IV - 4 Techniques d'application de SMED**

- Stade (0) : énumérer les opérations, même celles qui provoquent un gaspillage de temps.
- Stade (1) : séparation des réglages.
  - Utilisation d'une check-list

Nom	Spécifications	Outillages	P, Réglages	T°C,	Valeur des mesures
Electrovanne	U ; I ; Q.	Ampèremètre			
<sup>2</sup>					

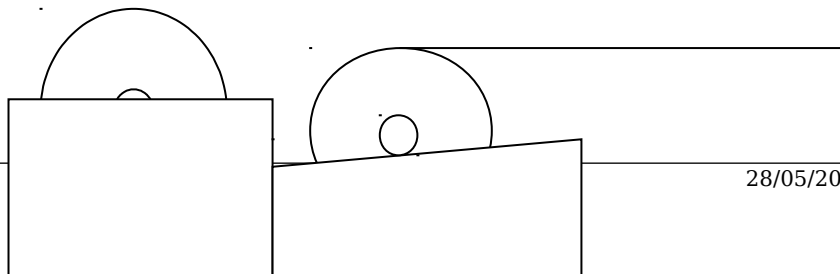
Table de vérification : (existence)

- Dessin des pièces et outillages
- Valeurs maximales
- Intervalles de tolérance
  - Essais de fonctions : Vérification du fonctionnement : toute réparation doit être faite avant le réglage interne
  - Amélioration du transport des outillages et autres
- Support mobile
- Câble de transport
- Timing

NB :

Les enregistrements se font sur la fiche SMED donnée à la fin de ce document

- Stade (2) : conversion des réglages internes en réglages externes
  - préparer d'avance les conditions de l'opération :
    - Pièces d'essais (préchauffage des moules, etc.)
    - Teinture de fil (cuve préchauffée, etc.)
    - Moulage de plastique sous vide (cuve sous vide et pompage supplémentaire)
    - Positionnement des centres d'outils
    - Matériaux en continu (soudure, bobine en attente)



- b. Standardisation des fonctions :
- Bras manipulateur (Robot)
    - saisir l'objet
    - le transformer à l'opération suivante
    - retourner à la position initiale
  - Standardisation des formats
  - Outils polyvalents

Fiche d'enregistrement « SMED » :

**Réduction des Temps de Mise en Course**

Formulaire SMED

Équipement: \_\_\_\_\_ Page \_\_\_\_ de \_\_\_\_.

Pièce: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

		<input type="checkbox"/> Situation actuelle <input type="checkbox"/> Situation améliorée							
No.	Description de l'activité	Transport	Opération	Décision	Inspection	Délais	Temps Cumul.	Temps / activité	
								Interne	Externe
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
		⇒	○	◇	□	D			
<b>TOTAL:</b>									